

## Matthias Steffens

Institut für Polarökologie der Universität Kiel, Germany

### Expedition an das Weiße Meer, Russland

Dieser Bericht schildert Erfahrungen und erste Ergebnisse einer dreimonatigen Expedition an das Weiße Meer (Russland), die im Rahmen meiner Doktorarbeit durchgeführt wurde. Diese Expedition wurde zum wesentlichen Teil aus Mitteln des DAAD finanziert. Die aus zwei Teilnehmern bestehende Expedition war Bestandteil eines internationalen – durch die Europäische Gemeinschaft geförderten – Verbundprojektes mit dem Titel: „Pathways of organic matter and its implications for biodiversity and sustainable uses in the White Sea“ (Kurztitel: „WOMP“)

#### Projektziele

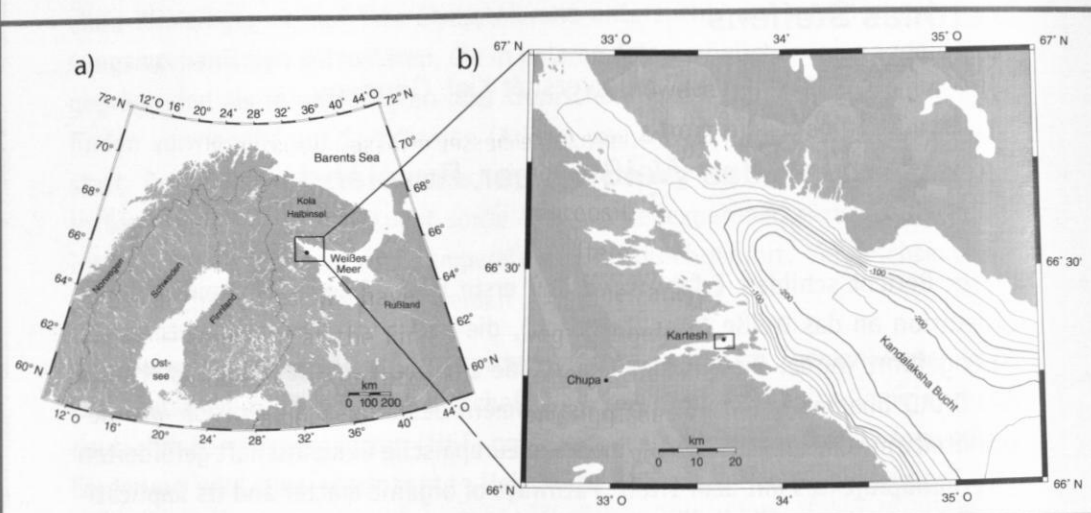
Ziel dieses EU-Projektes ist die Durchführung marin-biologischer Felduntersuchungen im Weißen Meer, um die Verknüpfungen zwischen küstennahen und küstenfernen Prozessen im Ökosystem des Weißen Meeres besser verstehen zu können. Basierend auf diesen Analysen sollen für das Weiße Meer Modelle und Vorschläge zu Schutz und nachhaltiger Nutzung der marin-biologischen Ressourcen entwickelt werden.

Die von uns durchgeführte wissenschaftliche Expedition zielte im Rahmen des „WOMP“-Projektes darauf hin, die Bedeutung des winterlichen Meereises im küstennahen Bereich des Weißen Meeres sowie seine Verknüpfung zu anderen marinen Kompartimenten (wie der Wassersäule oder dem Meeresboden) genauer zu untersuchen. Dieses Teilprojekt stellt einen wichtigen Aspekt des Gesamtprojektes dar, da dem Meereis im marinen System der Polargebiete eine wesentliche, strukturierende Rolle bei der Klimaregulierung sowie als Lebensraum für viele polare Schlüsselorganismen zukommt.

#### Ort der Forschungsarbeiten

Unsere Forschungsarbeiten fanden während der Monate März und April 2003 auf der Feldstation des Zoologischen Instituts St. Petersburg („White Sea Biological Station“, Kartesh, Kandalaksha Bucht; Abb. 1a) statt. Die Forschungsstation liegt in unmittelbarer Ufernähe, an der Spitze des weit ins Landesinnere reichenden „Chupa Inlets“. Im Schutz zahlreicher vorgelagerter Inseln (vgl. Abb. 1b) bildet sich über die Wintermonate im Küstenbereich eine geschlossene, stabile Eisdecke, welche für unsere Untersuchungen ideale Arbeitsbedingungen bot. Die Probennahme konnte aus diesem Grunde unmittelbar vor der Station durchgeführt werden.

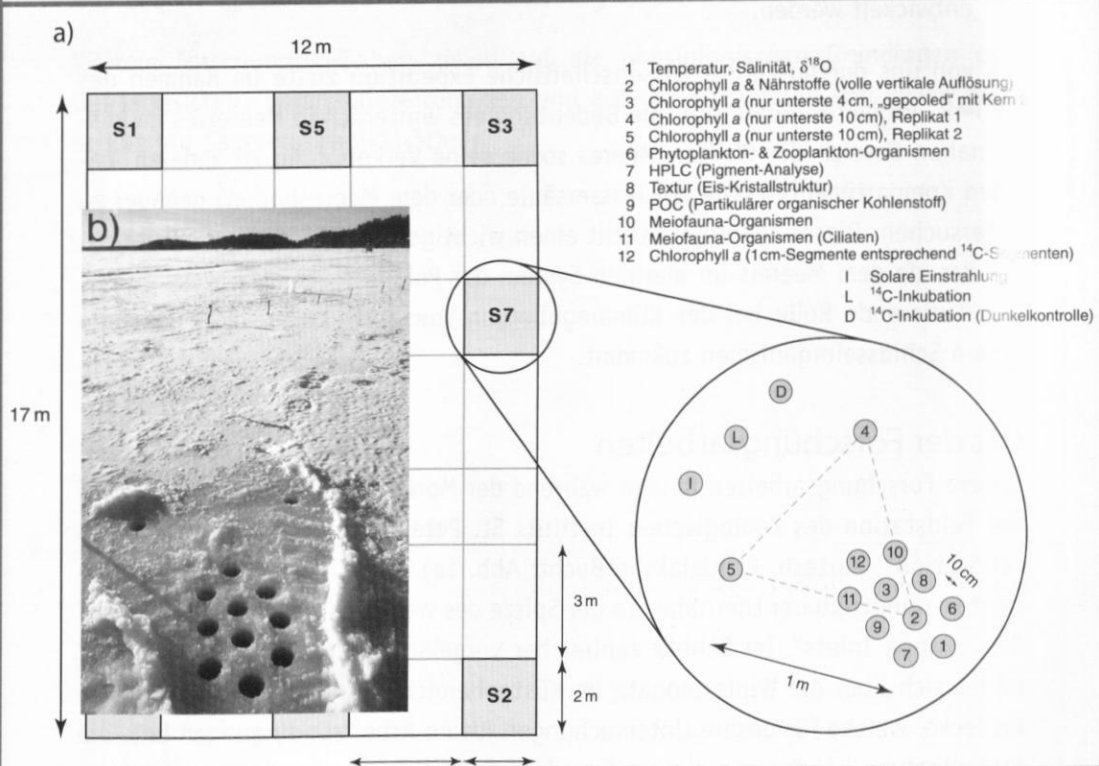
**Abbildung 1a, b** Übersichtskarte zur geographischen Lage der biologischen Forschungsstation des Zoologischen Instituts der Russischen Akademie der Wissenschaften, St. Petersburg („White Sea Biological Station“, Kartesh, Weißes Meer). Das Rechteck in b) stellt den Ort der Probennahme dar.



## Probennahme

Im Zentrum der Probennahme stand die Durchführung einer sechs Wochen umfassenden Zeitserie, für die wir ein ungestörtes Areal in der Mitte des Inlets mit einer Grundfläche von 12x17 m auswählten, in welchem wiederum kleinere, 2x2 m umfassende Flächen ausgewiesen wurden (Abb. 2a, b). Innerhalb dieser Quadrate fand in festen Zeitintervallen die eigentliche Beprobung durch das Bohren von Eiskernen und die Entnahme von Untereis-Wasserproben statt. Im

**Abbildung 2 a)** Probennahme-Schema und **b)** Foto der Station „S6“ der durchgeführten Zeitserie. In den in (a) grau markierten 2x2m-Quadraten (z.T. vom Bild verdeckt) wurden 12 Eiskerne (symbolisiert als graue Kreise) nach einem festgelegten Schema gebohrt, wobei die verschiedenen Eiskerne der Analyse unterschiedlicher Parameter (siehe Legende) dienten.



Monat März wurde die Probennahme auf dem Eis im sechs- bzw. fünftägigen Rhythmus durchgeführt, während wir im Monat April ein kürzeres Probennahme-Intervall von vier Tagen wählten, um eventuelle Änderungen aufgrund der im Eis zunehmend einsetzenden Schmelzprozesse besser erfassen zu können.

Da die Laborbedingungen vor Ort sehr einfach waren, mussten nahezu alle Analysen nach der Rückkehr in Deutschland erfolgen. Dies erforderte jedoch, dass während der gesamten Reise die Kühlung der Proben gesichert war. Unser Pkw war zu diesem Zweck mit einer Tiefkühltruhe ausgerüstet, welche mittels zweier Autobatterien oder via externer Stromquelle betrieben werden konnte. Dadurch konnte auch während der mehrtägigen An- und Abreise eine Kühlung der Proben gewährleistet werden.

Ein erklärtes Ziel unseres Teilprojektes ist u.a. eine Abschätzung zur Bedeutung der Primärproduktion im küstennahen Festeis des Weißen Meeres. Zu diesem Zweck wurden *in-situ* Inkubationsexperimente durchgeführt. Bei der verwendeten Methode werden aus einem erbohrten Eiskern mehrere 1cm schmale Segmente an verschiedenen Tiefenhorizonten herausgeschnitten. Diese Segmente werden in Petriglasschälchen eingesetzt und mit radioaktiv markiertem Kohlenstoff versetzt. Anschließend werden die Schälchen luftdicht versiegelt und wieder an die ursprüngliche Position des Segments im Eiskern zurückgesetzt. Der so präparierte Eiskern wird – durch einen Rahmen zusammengehalten (Abb. 3) – wieder im Eis-Bohrloch positioniert und für die Dauer eines Tag-Nacht-Zyklus im Eis belassen. Nach Entnahme und Aufarbeitung der Proben im Labor wird die von den Algen aufgenommene Menge des radioaktiv markierten Kohlenstoffs mit Hilfe der Flüssigkeitsszintillations-Messtechnik bestimmt. Auf diese Weise ist es möglich, Kohlenstoff-Einbauraten von Eisalgen zu bestimmen und die Netto-Primärproduktion der Eisalpengemeinschaft zu berechnen.

Eine Abschätzung zur Bedeutung der Primärproduktion im Meereis erfordert die Interpolation unserer punktuellen Primärproduktions-Messungen auf eine bestimmte größere Fläche. Da derartige Kalkulationen jedoch stets mit hohen Ungenauigkeiten behaftet ist, ist es wichtig, Kenntnis über die räumliche Variabilität der Primärproduktion innerhalb der untersuchten Eisfläche zu besitzen. Hierzu haben wir zu Anfang und Ende unseres Forschungsaufenthaltes umfang-



**Abbildung 3** Rahmen des Inkubationsexperimentes mit sieben, an verschiedenen Eishorizonten positionierten, Petriglasschälchen zur *in-situ* Messung der Netto-Primärproduktion im Eis. Am unteren Ende des Rahmens sind zwei Probenflaschen zur Messung der Netto-Primärproduktion im Untereiswasser befestigt.



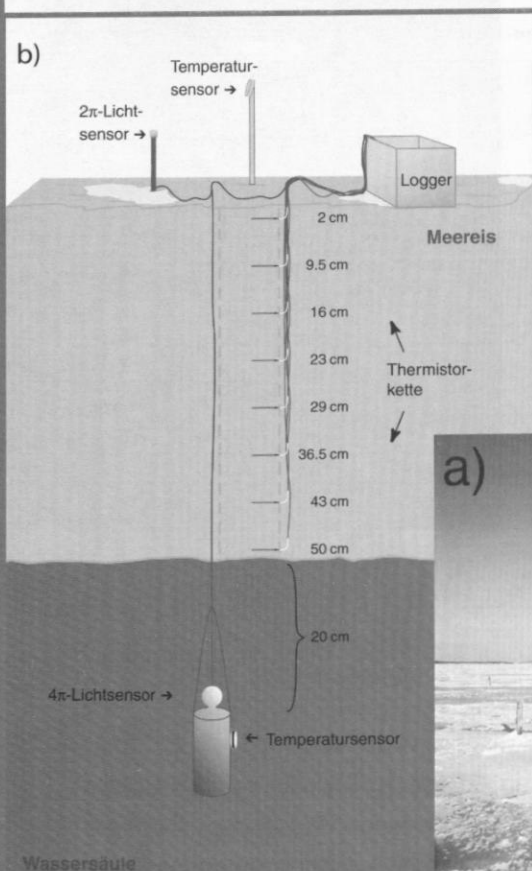
reiche Probennahmen an unterschiedlichen Orten des Inlets durchgeführt, wobei jeweils vier direkt nebeneinander liegende Eiskerne in unterschiedlicher räumlicher Entfernung (1m, 10m, 100m und 1000m) gebohrt wurden und hinsichtlich unterschiedlicher Parameter (z.B. Chlorophyll- und Nährstoffgehalt) untersucht wurden. Die statistische Auswertung der Proben soll Informationen zur Größenordnung der Variabilität auf den verschiedenen räumlichen Skalen liefern.

Die Entwicklung pflanzlicher Biomasse im Meereis wird wesentlich von dem umgebenden Mikroklima beeinflusst, wobei insbesondere die Lichtverhältnisse im Eis, die Versorgung mit Nährstoffen sowie der als Lebensraum im Eis zur Verfügung stehende Porenraum von Bedeutung sind. Weitere wichtige Parameter sind die Salinität der den Porenraum ausfüllenden „Sole“ sowie die Temperatur. Letztere übt vor allem indirekten Einfluss auf die Lebensgemeinschaft im Eis aus – beispielsweise durch die Induktion von Schmelzprozessen bei Erwärmung oder durch die Verringerung des verfügbaren Porenraums bei fortschreitendem Gefrieren aufgrund von Abkühlung.

Es ist daher wichtig, die erwähnten abiotischen Parameter ebenfalls zu erfassen, um die biologischen Messungen interpretieren zu können. Während die Messung der Salinität und des Nährstoffgehaltes direkt an dem Schmelzwasser des Eiskerns erfolgen kann, müssen die Licht- und Temperaturverhältnisse im Eis gesondert erfasst werden. Zu diesem Zweck hatten wir eine dauerhafte Station auf

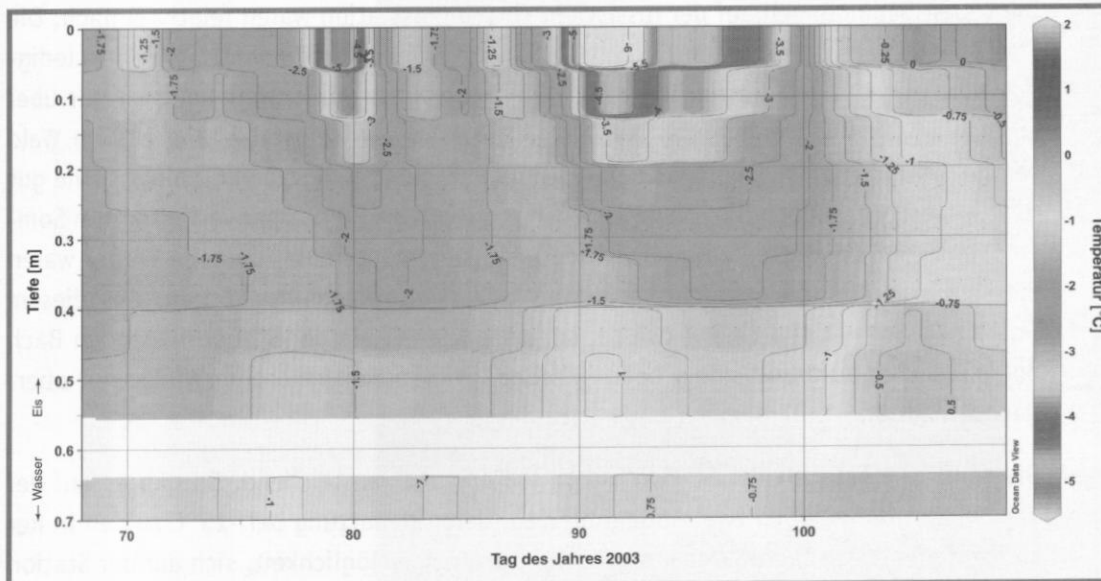
dem Eis eingerichtet, welche über Sensoren und Daten-Logger permanent die Lichtverhältnisse und Temperaturen in, über und unter dem Eis aufzeichnete (Abb. 4a, b).

**Abbildung 4** Eine in einer Transportkiste dauerhaft auf dem Eis eingerichtete Meßstation diente uns zur Aufzeichnung der herrschenden Licht- und Temperaturverhältnisse in, über und unter dem Eis. a) In der Mitte des Bildes ist der Lufttemperatur-Sensor zu erkennen, rechts im Bild befindet sich ein Sensor zur Messung der einfallenden Sonnenstrahlung. Im Hintergrund des Bildes ist das durch Stöcke abgegrenzte Probennahme-Areal der Zeitserie zu sehen. b) Zusätzlich wurden im Eis in acht Tiefenhorizonten Temperatursensoren sowie unterhalb des Eises je ein Licht- und Temperatursensor installiert.



## Erste Ergebnisse

Das untersuchte Festeis im küstennahen Bereich des östlichen Weißen Meeres zeigte eine ausgeprägte Eisalgen-Lebensgemeinschaft an der Eisunterseite, wobei die untersten vier Zentimeter des Eises im Durchschnitt etwa 60% der Algenbiomasse ausmachten. Die im Rahmen der Zeitserie analysierten Eiskerne zeigten im Monat März in allen Kernbereichen eine Zunahme des Chlorophyllgehalts, wobei die deutlichste Zunahme an der Eisunterseite erfolgte und bis Ende März ein Maximalwert von 173  $\mu\text{g/l}$  erreicht wurde. Im Monat April wiederum wurde eine geringere Eisalgen-Biomasse im Eis gemessen. Die deutlichste Abnahme der Biomasse im Eis zeigte sich am Ende der Zeitserie (Mitte April) aufgrund von durchweg über dem Gefrierpunkt liegenden Lufttemperaturen und damit einhergehenden Schmelzprozessen (Abb. 5).



**Abbildung 5** Entwicklung der Temperatur (gemittelt über jeweils 24h) im Eis und Unter-eiswasser vom 9. März 2003 (68. Tag im Jahr) bis 19. April 2003 (109. Tag im Jahr).

Die im oberen Teil der Graphik (Tiefe 0–55 cm) dargestellten Temperaturschwankungen basieren auf Interpolation der Daten von acht im Eis installierten Temperatursensoren (die Lage der Temperatursensoren innerhalb des Eiskörpers ist durch kleine Punkte angedeutet). Der untere Teil der Graphik (Tiefe 65–70 cm) zeigt die Temperaturschwankungen in der unmittelbar unter dem Eis liegenden Wasserschicht. Man beachte die zwei durch kalte Lufttemperaturen verursachten Abkühlungs-Phasen der Eisoberfläche (gekennzeichnet durch die „kühlen“ Farben Hellblau, Blau und Violett), welche sich mit zeitlicher Verzögerung in tiefere Schichten des Eiskörpers fortpflanzen. Eine Erwärmung des Eises (gekennzeichnet durch die „warmen“ Farben Gelb, Orange und Rot) vollzieht sich bereits frühzeitig durch wärmere Wassermassen an der Eisunterseite. Die Temperatur des Unter-eiswassers scheint jedoch nur die untersten 10–15 cm des Eises zu beeinflussen und wird durch die beobachteten Abkühlungs-Phasen wieder nivelliert. Erst mit wärmeren Lufttemperaturen (ab Tag 101) kommt es zu einer allmählichen Erwärmung des gesamten Eiskörpers und schließlich auch zu Schmelzprozessen an der Eisoberseite (und eventuell auch der Eisunterseite).

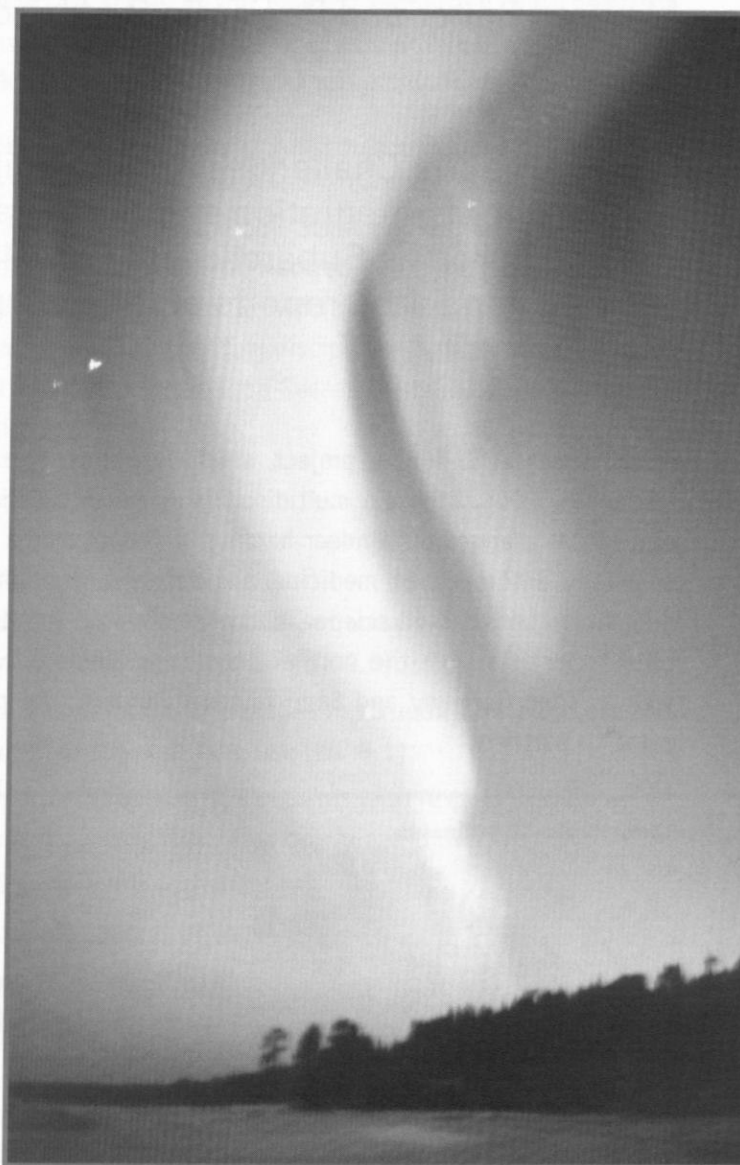
Abgesehen von dem beobachteten, zeitlichen Trend zeigten im Abstand von 1 m parallel gebohrte Eiskerne Unterschiede im Chlorophyll-Gehalt von bis zu einer Größenordnung. Die von uns zusätzlich durchgeführten Untersuchungen zur räumlichen Heterogenität der Eisalgen-Biomasse ergaben für den Monat März Schwankungen des Chlorophyllgehalts bis zum Faktor 4 zwischen nur 10 cm entfernten Bohrkernen. Diese hohen Schwankungen im Dezimeterbereich führten dazu, dass im März keine signifikanten Unterschiede zwischen weiter entfernt liegenden Orten (10 m- und 100 m-Bereich) gefunden werden konnten. Im Unterschied dazu fiel die Schwankungsbreite des Chlorophyllgehalts zwischen unmittelbar benachbarten Eiskernen im Monat April geringer aus und es wurden signifikante Unterschiede zwischen weiter voneinander entfernt liegenden Orten gefunden.

### Lebensbedingungen

Die Lebensbedingungen auf der russischen Forschungsstation waren relativ einfach. Die Station lag etwa 30 km entfernt von der nächsten Siedlung und konnte im Winter lediglich mit Schneemobilen erreicht werden. Ein Kontakt zur Außenwelt bot sich nur über ein sporadisch funktionierendes Funktelefon. Die Station selbst bestand aus im Wald verstreuten, kleinen Holzhütten, welche immerhin über einen Stromanschluss sowie gut funktionierende (jedoch nicht regulierbare) Straßenbahn-Heizkörper verfügten. Im Sommer verfügten die Hütten zusätzlich über einen Wasseranschluss, doch im Winter waren die – uninsoliert und obererdig liegenden – Wasserleitungen zugefroren. Aus diesem Grund mussten wir täglich Trinkwasser aus einem unterhalb der Station liegenden Bach holen, welcher aufgrund seiner hohen Fließgeschwindigkeit selbst im Winter nur oberflächlich zufror.

Die sanitären Anlagen der Station waren einfach aber ausreichend. So gab es auf der ganzen Station lediglich zwei Außentoiletten, deren Benutzung bei  $-15^{\circ}\text{C}$  zu den in Rekordzeit erledigten Tagesaufgaben gehörte. Die einzige Möglichkeit, sich auf der Station zu waschen, bestand in einer typisch russischen „Banja“, einem Dampfbad mit Sauna, welches einmal pro Woche durch einen großen Holzofen aufgeheizt wurde. Diese Banja bot – angesichts der winterlich kalten Außentemperaturen – eine willkommene Aufwärmung und war zudem Dreh- und Angelpunkt des gesellschaftlichen Zusammenlebens auf der Station.

Landschaftlich war die Umgebung der Forschungsstation einer skandinavischen Landschaft auf Höhe des Polarkreises vergleichbar – charakterisiert durch zahlreiche Moore sowie einer von Birken und Nadelgehölzen dominierten Vegetation. Die ausgedehnten Wälder im Umkreis der Station werden von Wölfen besiedelt, wobei jedoch ihre Fußspuren im Schnee für uns die einzigen Anzeichen ihrer Präsenz darstellten. Ganz im Gegensatz hierzu stand die unverhohlene Neugier, mit der einige der zahlreich auf dem Eis vertretenen Sattelrobben unsere Eisarbeiten beobachteten. Obwohl diese Naturerlebnisse bereits eindrucksvoll genug für uns waren, wurde unsere, oft unumgängliche, spätabendliche Arbeit auf dem Eis häufig mit eindrucksvollen Polarlichtern entlohnt (Abb. 6).



**Abbildung 6** Die nächtlichen Polarlichter waren vom Eis aus besonders beeindruckend.